

วิธีการชักตัวอย่างภาพแบบทำซ้ำสองทิศทางสำหรับการตรวจหาบริเวณที่เบลอ

Bidirectional Image Resampling Method for Blurred Region Detection

โสภณ ผู้มีจรรยา (Sopon Phumeechanya)* และ ปาริฉัตร เสริมวุฒิสาร (Parichat Sermwuthisarn)**

Received : July 19, 2018
Revised : September 4, 2018
Accepted : October 3, 2018

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ นำเสนอวิธีการใหม่ในการตรวจหาบริเวณที่เบลอในภาพ เพื่อแบ่งภาพออกเป็น 2 บริเวณ ได้แก่ 1. บริเวณที่เบลอ และ 2. บริเวณที่ไม่เบลอ โดยใช้วิธีการชักตัวอย่างภาพแบบทำซ้ำสองทิศทางเพื่อทำให้บริเวณที่เบลอ และบริเวณที่ไม่เบลอในภาพมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน เราได้ทำการทดลองกับภาพที่มีลักษณะหน้าชัดหลังเบลอ จากชุดข้อมูลภาพจำนวน 704 ภาพ และได้เปรียบเทียบผลการแบ่งส่วนภาพของวิธีการที่นำเสนอ กับผลจากงานวิจัยที่ผ่านมาจำนวน 3 วิธีการ พบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถตรวจหาบริเวณที่เบลอในภาพได้อย่างถูกต้อง และให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 0.8339

คำสำคัญ: การตรวจหาบริเวณที่เบลอ การชักตัวอย่างภาพ การแบ่งส่วนภาพ

Abstract

This paper presents a novel method for blurred region detection. The input image is divided into blurred and unblurred regions. The bidirectional image resampling technique is used to distinguish between the blurred and the unblurred regions. In experiment, we test on 704 low DOF images and compare to three previous methods. The results show that the proposed method provides the best segmentation results. The average value of accuracy is 0.8339.

* ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

* Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University.

** ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University.

Keywords: Blurred Region Detection, Image Sampling, Image Segmentation.

1. บทนำ

การตรวจหาบริเวณที่เบลอในภาพ เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างมากในการประมวลผลภาพ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลาย ตัวอย่างเช่น การตรวจหาวัตถุในภาพที่มีลักษณะหน้าชัดหลังเบลอ ดังตัวอย่างในภาพที่ 1 ซึ่งเทคนิคการถ่ายภาพในลักษณะนี้เป็นการเน้นถ่ายวัตถุที่เราสนใจในภาพให้มีความคมชัด ในขณะที่พื้นหลังจะมีลักษณะที่เบลอ เพื่อสร้างความโดดเด่นให้กับวัตถุที่เราสนใจ มักใช้กับการถ่ายภาพที่เจาะจงวัตถุ เช่น ภาพถ่ายบุคคล สัตว์ ดอกไม้ และ กีฬา เป็นต้น ดังนั้นถ้าเราสามารถตรวจหาบริเวณที่เบลอในภาพได้ บริเวณที่เบลอ นั้นจะถูกกำหนดให้เป็นพื้นฉากหลัง และบริเวณส่วนที่เหลือที่ไม่เบลอในภาพก็จะถูกกำหนดให้เป็นวัตถุที่เราสนใจ ซึ่งสามารถนำไปใช้กับงานอื่นๆ ต่อไปได้ ตัวอย่างเช่น การรู้จำวัตถุ การจำแนกประเภทของฉากหลัง การสืบค้นภาพ การทำให้ส่วนที่เบลอในภาพมีความคมชัดเพิ่มขึ้น การประมาณค่าระดับความเบลอในภาพ และการเพิ่มความเบลอให้กับบริเวณที่เบลออยู่แล้วให้มากขึ้นอีก เพื่อต้องการเน้นวัตถุให้เด่นชัดมากยิ่งขึ้น เป็นต้น

จากความสำคัญของการตรวจหาบริเวณที่เบลอในภาพ ที่กล่าวมาข้างต้นนั้น บทความวิจัยนี้ จึงได้นำเสนอวิธีการใหม่สำหรับใช้ในการตรวจหาบริเวณที่เบลอในภาพ โดยใช้

วิธีการชักตัวอย่างภาพแบบทำซ้ำสองทิศทาง ซึ่งในที่นี้ขอเรียกชื่อว่า วิธี BIR (Bidirectional Image Resampling) เพื่อให้สามารถแบ่งส่วนภาพออกได้เป็น 2 บริเวณ ได้แก่ บริเวณที่เบลอ และบริเวณที่ไม่เบลอ ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 1 ตัวอย่างภาพหน้าชัดหลังเบลอจากชุดข้อมูลภาพ BDD (Blur Detection Dataset) [1]

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา ได้มีการนำเสนอวิธีการตรวจหาบริเวณที่เบลอในภาพหลากหลายวิธีการ โดยวิธีการส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปยังการสร้างภาพ Blur Map ซึ่งเป็นภาพที่มีค่า Intensity สูงในบริเวณที่เบลอ และมีค่า Intensity ต่ำในบริเวณที่ไม่เบลอ ดังตัวอย่างแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งภาพ Blur Map นี้เป็นภาพที่แสดงให้เห็นว่า มีบริเวณใดบ้างในภาพที่เบลอ และบริเวณใดในภาพที่ไม่เบลอ

ตัวอย่างงานวิจัย เช่น Liu และคณะ [2] นำเสนอวิธีการสร้างภาพ Blur Map โดยใช้คุณลักษณะสำคัญ 3 อย่าง ได้แก่ ค่าสเปกตรัมในโดเมนความถี่ ค่าเกรเดียนต์ของภาพ และค่าสี Chakrabarti และคณะ [3] นำเสนอวิธีการสร้างภาพ Blur Map โดยใช้การแปลงฟูริเยร์เฉพาะที่ (Local Fourier Transform) ในการแยกแยะบริเวณที่เบลอในภาพออกมา Su และคณะ [4] สร้างภาพ Blur Map โดยใช้คุณลักษณะสำคัญ ที่คำนวณได้จากค่า SVD (Singular Value Decomposition) ระหว่างบริเวณที่เบลอและไม่เบลอในภาพ Zhu และคณะ [5] ใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบความถี่เฉพาะที่ ร่วมกับข้อสนเทศขอบ (Edge Information) ที่ได้จากภาพสี

นอกจากนี้ Bahrami และคณะ [6] ใช้เทคนิคการแบ่งภาพ

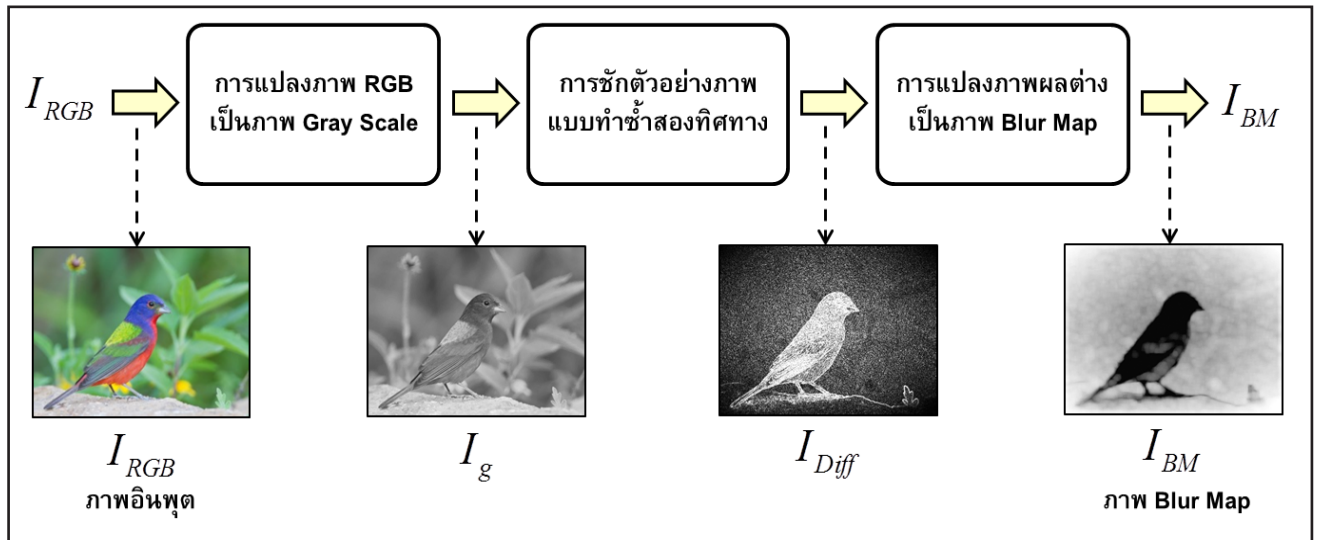
ออกเป็นบล็อกย่อย จากนั้นทำการประมาณค่าระดับความเบลอของแต่ละบล็อกย่อย สำหรับใช้ในการตัดสินใจว่า บล็อกใดเป็นบล็อกที่เบลอ และบล็อกใดเป็นบล็อกที่ไม่เบลอ Lee และคณะ [7] นำเสนอวิธีการจำแนกประเภทการเบลอของบริเวณต่างๆ ในภาพ โดยแบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ บริเวณที่ไม่เบลอ (Non-Blur) บริเวณที่เบลอที่เกิดจากการไม่โฟกัส (Defocus Blur) และบริเวณที่เบลอที่เกิดจากการเคลื่อนไหว (Motion Blur) โดยใช้คุณลักษณะสำคัญที่ได้มาจากค่าขนาดของเกรเดียนต์และค่าความสอดคล้องของทิศทางของเกรเดียนต์เฉพาะที่ (Local Directional Coherence) เพื่อใช้เป็นอินพุตให้กับ SVM (Support Vector Machine) ในการจำแนกประเภท

งานวิจัยของ Shi และคณะ [8] ได้นำเสนอวิธีการสร้างภาพ Blur Map โดยใช้คุณลักษณะสำคัญ ประกอบด้วย ค่าเกรเดียนต์ของภาพ ค่าสเปกตรัมในโดเมนความถี่ และตัวกรองเฉพาะที่ (Local Filters) ซึ่งคุณลักษณะสำคัญเหล่านี้ได้มาจากการดำเนินการกับภาพที่มีการปรับเปลี่ยนแบบหลายขนาด (Multi-scale) Tuba และคณะ [9] นำเสนอวิธีการเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ DCT ของภาพ ในการระบุว่าบริเวณใดในภาพเป็นบริเวณที่เบลอและบริเวณใดเป็นบริเวณที่ไม่เบลอ Yi และคณะ [10] นำเสนอการแบ่งส่วนบริเวณที่เบลอในภาพ โดยใช้ LBP (Local Binary Pattern) ในการรู้จำรูปแบบลักษณะบริเวณที่เบลอและไม่เบลอ Pengsen และคณะ [11] ตรวจหาบริเวณที่เบลอในภาพโดยใช้คุณลักษณะสำคัญที่ได้จากองค์ประกอบในปริภูมิสี RGB ร่วมกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉพาะที่ Ma และคณะ [12] สร้างภาพ Blur Map โดยใช้การฝึกสอนด้วยโครงข่ายประสาทแบบลึก (Deep Neural Networks)

อย่างไรก็ตาม วิธีการสร้างภาพ Blur Map จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ยังคงประสบกับปัญหา เช่น ในกรณีที่ภาพอินพุตมีพื้นหลังที่ซับซ้อน และในกรณีที่บริเวณที่เบลอกับบริเวณที่ไม่เบลอมีสีที่ใกล้เคียงกัน จึงส่งผลให้ภาพ Blur Map ที่ได้ จะยังไม่สามารถทำให้วัตถุที่ไม่เบลอโดดเด่นออกมาจากพื้นหลังที่เบลอได้อย่างชัดเจน

3. วิธีการที่นำเสนอ

บทความวิจัยนี้ ได้นำเสนอวิธีการใหม่สำหรับการสร้างภาพ Blur Map โดยใช้เทคนิคการชักตัวอย่างภาพ



ภาพที่ 2 ภาพรวมของวิธี BIR ที่นำเสนอ

แบบทำซ้ำสองทิศทาง ซึ่งในที่นี้ขอตั้งชื่อว่า วิธี BIR (Bidirectional Image Resampling) ซึ่งมีภาพรวมการทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 2 และสามารถสรุปเป็นขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1. การแปลงภาพ RGB เป็นภาพ Gray Scale

ในขั้นตอนนี้ภาพอินพุต I_{RGB} ซึ่งอยู่ในปริภูมิสี RGB ดังตัวอย่างแสดงในภาพที่ 2 มีขนาด $M \times N \times 3$ จะถูกแปลงให้เป็นภาพ Gray Scale หรือ ภาพ I_g ขนาด $M \times N$ โดยใช้สมการที่ 1 ซึ่งเป็นการแปลงภาพ RGB ให้เป็นค่าความสว่าง Luminance ในปริภูมิสี NTSC [13]

$$I_g = 0.299R + 0.587G + 0.144B \quad (1)$$

3.2. การชักตัวอย่างภาพแบบทำซ้ำสองทิศทาง

ในขั้นตอนนี้ เราจะทำการชักตัวอย่างภาพแบบทำซ้ำในสองทิศทาง ได้แก่ ทิศทางในแนวหลัก และทิศทางในแนวแหวของภาพ I_g เนื่องจาก เรามีสมมติฐานที่ว่า ถ้ารายละเอียดของภาพ I_g หายไปเพียง 1 หลัก หรือ 1 แหว แล้ว เมื่อทำการปรับขนาดภาพ (Resize) กลับมาให้มีขนาดเท่าเดิม บริเวณที่เบลอของภาพจะยังคงความเบลอไว้มากกว่าเดิมมาก ในขณะที่มีบริเวณที่มีความคมชัดหรือไม่เบลอของภาพ จะมีความแตกต่างไปจากเดิม ดังนั้น ถ้าเราสร้างภาพผลต่าง I_{Diff} ที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างภาพ I_g เดิมเทียบกับภาพ I_g ที่ผ่านการชักตัวอย่างในสองทิศทางและถูกปรับขนาดแล้ว เราจะเห็นความแตกต่างที่เด่นชัดกับบริเวณที่ไม่เบลอ และจะเห็นความแตกต่างเพียงเล็กน้อยกับ

บริเวณที่เบลอในภาพ ดังตัวอย่างภาพ I_{Diff} ที่แสดงในภาพที่ 2 ซึ่งขั้นตอนในการสร้างภาพผลต่าง I_{Diff} มีขั้นตอน ดังนี้

การชักตัวอย่างภาพแบบทำซ้ำในแนวหลัก

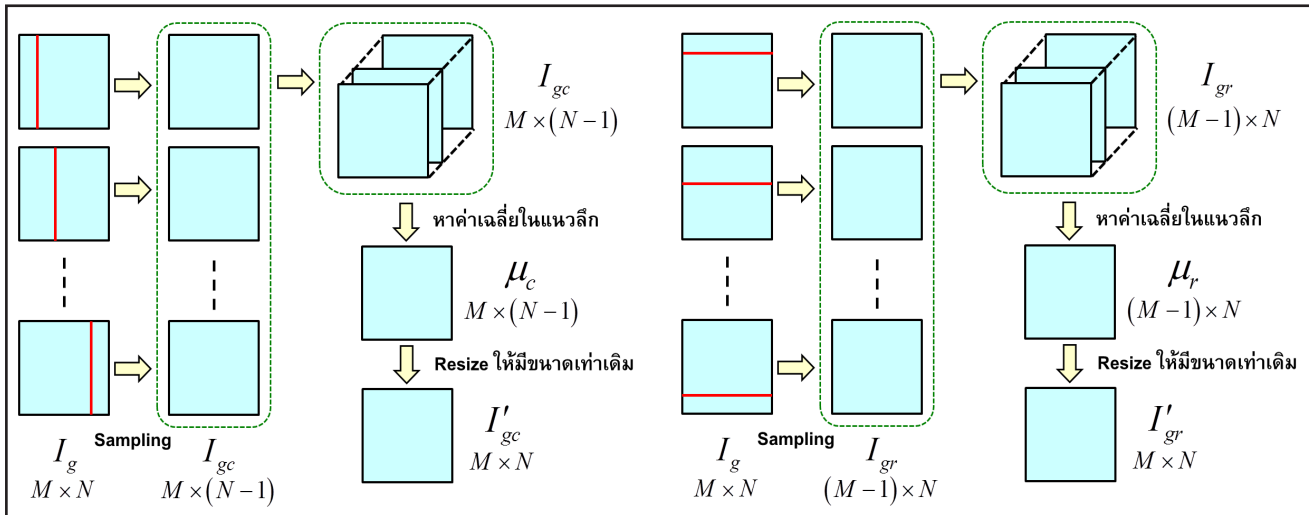
ขั้นตอนการชักตัวอย่างภาพแบบทำซ้ำในแนวหลักแสดงในภาพที่ 3 (ก) โดยเริ่มต้นจากการชักตัวอย่างแนวหลักของภาพ I_g ทั้งหมด 1 หลัก เพื่อให้ได้ภาพ I_{gc} ขนาด $M \times (N-1)$ และทำการชักตัวอย่างแนวหลักของภาพ I_g ทั้งหมด 1 หลัก อีกหลายๆ ครั้ง โดยตำแหน่งของหลักที่ถูกตัดทิ้งจะเลื่อนไปครั้งละ η หลัก (ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ $\eta = 10$) จะทำให้ได้ภาพ I_{gc} จำนวน $\alpha_c = \left\lfloor \frac{N}{\eta} \right\rfloor$ ภาพ โดยในขั้นตอนนี้จึงเรียกได้ว่าเป็นการชักตัวอย่างแบบทำซ้ำ (Resampling) จำนวน α_c ครั้ง ทำการหาภาพเฉลี่ย μ_c จากภาพ I_{gc} ทุกภาพ โดยใช้สมการที่ 2

$$\mu_c = \frac{1}{\alpha_c} \sum_{i=1}^{\alpha_c} I_{gc_i} \quad (2)$$

ทำการสร้างภาพ I_{gc} ขนาด $M \times N$ จากภาพ μ_c ที่มีขนาด $M \times (N-1)$ โดยใช้วิธีการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการปรับขนาด (Resize) ภาพ μ_c กลับมาให้มีขนาดเท่ากับภาพอินพุต I_g นั้นเอง

การชักตัวอย่างภาพแบบทำซ้ำในแนวแหว

ขั้นตอนการชักตัวอย่างภาพแบบทำซ้ำในแนวแหว แสดงในภาพที่ 3 (ข) ซึ่งใช้แนวคิดเดียวกับการชักตัวอย่างภาพแบบทำซ้ำในแนวหลักที่กล่าวข้างต้น โดยเริ่มต้นจากการชักตัวอย่างแหว ของภาพ I_g ทั้งหมด 1 แหว เพื่อให้ได้ภาพ I_{gr}



ภาพที่ 3 การชักตัวอย่างภาพแบบทำซ้ำสองทิศทาง

ขนาด $(M-1) \times N$ และทำการชักตัวอย่างแนวแถวของภาพ I_g ที่ไป 1 แถวอีกหลายๆ ครั้ง โดยตำแหน่งของแถวที่ถูกตัดทิ้งจะเลื่อนไปครั้งละ η แถว จนได้ภาพ I_{gr} จำนวน $\alpha_r = \left\lfloor \frac{M}{\eta} \right\rfloor$ ภาพ ทำการหาภาพเฉลี่ย μ_r จากภาพ I_{gr} ทุกภาพ โดยใช้สมการที่ 3

$$\mu_r = \frac{1}{\alpha_r} \sum_{i=1}^{\alpha_r} I_{gr_i} \quad (3)$$

ทำการสร้างภาพ I'_{gr} ขนาด $M \times N$ จากภาพ μ_r ที่มีขนาด $(M-1) \times N$ โดยใช้วิธีการปรับขนาดภาพ μ_r กลับมาให้มีขนาดเท่ากับภาพอินพุต I_g

หลังจากได้ I'_{gc} และ I'_{gr} ซึ่งคือภาพที่ปรับขนาดกลับมาทั้งจากแนวหลักและแนวแถวแล้วนั้น เราจะทำการหาภาพ I_{Diff} ได้จากการหาค่าเฉลี่ยของภาพผลต่างของทั้งแนวหลักและแนวแถว ได้โดยใช้สมการที่ 4 ซึ่งตัวอย่างภาพ I_{Diff} ที่ได้แสดงดังภาพที่ 2

$$I_{Diff} = \frac{|I_g - I'_{gc}| + |I_g - I'_{gr}|}{2} \quad (4)$$

3.3. การแปลงภาพผลต่างให้เป็นภาพ Blur Map

จากตัวอย่างภาพ I_{Diff} ที่ได้ดังแสดงในภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่า มีจุดสีเทากระจายอยู่รอบบริเวณที่ไม่เบลอ ซึ่งสามารถพิจารณาให้เป็นสัญญาณรบกวน (Noise) ได้ ดังนั้น ในขั้นตอนนี้จะทำการกำจัดสัญญาณรบกวนเหล่านี้ออกไป โดยใช้ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย (Average Filter) [14] กับภาพ I_{Diff} พร้อมทั้งทำการปรับค่า Intensity เพื่อให้ภาพมีค่า Intensity

สูงในบริเวณที่เบลอ และมีค่า Intensity ต่ำในบริเวณที่ไม่เบลอ เพื่อให้ได้ภาพ Blur Map (I_{BM}) โดยใช้สมการที่ 5

$$I_{BM}(x, y) = 255 - \frac{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) I_{Diff}(x+s, y+t)}{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t)} \quad (5)$$

โดยที่ $x = 0, 1, 2, \dots, M-1, y = 0, 1, 2, \dots, N-1, w$ คือ หน้าต่างขนาด $M \times N$ ที่ทุกตำแหน่งมีค่าเป็น 1, $a = \frac{(m-1)}{2}$, $b = \frac{(n-1)}{2}$, $m = \lfloor \lambda M \rfloor$ และ $n = \lfloor \lambda N \rfloor$ โดยในบทความวิจัยนี้ได้เลือกใช้ค่า $\lambda = 0.03$ ในการกำหนดขนาดของหน้าต่าง w

อย่างไรก็ตาม จากการใช้ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ยในการกำจัดสัญญาณรบกวน จะส่งผลกระทบต่อภาพ Blur Map ที่ได้นั้น ตัววัตถุจะมีขนาดใหญ่เกินจริงเล็กน้อย ดังนั้น เพื่อให้ตัววัตถุมีขนาดที่ใกล้เคียงกับขนาดจริง ในขั้นตอนนี้ จึงได้เพิ่มตัวดำเนินการกร่อน (Erosion) สำหรับกร่อนวัตถุในภาพ Blur Map ให้มีขนาดเล็กลงเล็กน้อย เพื่อเป็นการลดผลกระทบจากการใช้ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย โดยตัวอย่างภาพ Blur Map ที่ได้จากการทำขั้นตอนนี้ แสดงดังภาพ I_{BM} ในภาพที่ 2

จากภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าภาพอินพุต I_{RGB} มีพื้นหลังที่เบลอและมีพื้นหน้าที่ไม่เบลอ (ตัวนก) โดยภาพ I_{Diff} ที่ได้นั้น บริเวณที่ไม่เบลอจะมีความโดดเด่นชัดเจนเมื่อเทียบกับบริเวณพื้นหลังที่เบลอ และเมื่อเราใช้ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ยกับภาพ I_{Diff} พร้อมทั้งทำการปรับค่า Intensity ของภาพเพื่อให้มีค่า Intensity สูงในบริเวณที่เบลอ และมีค่า Intensity

ต่ำในบริเวณที่ไม่เบล จะได้ภาพ Blur Map ที่สามารถนำไปทำขั้นตอนการแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) เพื่อแปลงให้เป็นภาพขาวดำ (Binary Image) ต่อไปได้

4. การทดลอง

งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ชุดข้อมูลภาพ BDD (Blur Detection Dataset) [1] ซึ่งเป็นภาพในลักษณะหน้าชัดหลังเบล จำนวน 704 ภาพ และได้มีการเตรียมผลการแบ่งส่วนภาพด้วยมือ (Manual Segmentation) หรือที่เรียกว่าภาพ Ground Truth ไว้ให้สำหรับการเปรียบเทียบผลการแบ่งส่วนภาพที่ได้ และในการทดลองนี้ ได้เปรียบเทียบความถูกต้องของผลการแบ่งส่วนภาพที่ได้จากวิธี BIR ที่นำเสนอ เทียบกับวิธีการจากงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา จำนวน 3 วิธีการ ได้แก่ วิธีการของ Lui และคณะ [2] วิธีการของ Su และคณะ [4] และวิธีการของ Shi และคณะ [8] โดยจากนี้ไปจะขอเรียกชื่อวิธีการทั้งสามโดยย่อว่า วิธีการของ Lui Su และ Shi ตามลำดับ

ในการทดลองนี้ ได้เลือกใช้วิธีการของ Otsu [15] สำหรับใช้ในการแปลงภาพ Blur Map ที่ได้ ให้เป็นภาพขาวดำ (Binary Image) ซึ่งเป็นการแบ่งส่วนภาพออกเป็น 2 บริเวณ ได้แก่ บริเวณที่เบลจะถูกแทนด้วยสีขาว และ บริเวณที่ไม่เบลจะถูกแทนด้วยสีดำ จากนั้น จะนำภาพขาวดำที่ได้ไปเปรียบเทียบกับภาพขาวดำ Ground Truth เพื่อวัดค่าความถูกต้องของผลการแบ่งส่วนภาพที่ได้ในลำดับต่อไป

ตัวชี้วัดที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบความถูกต้องของผลการแบ่งส่วนภาพที่ได้ ได้แก่ ค่า F_{score} Precision และ Recall [16] โดยค่า F_{score} คำนวณได้จากสมการที่ 6

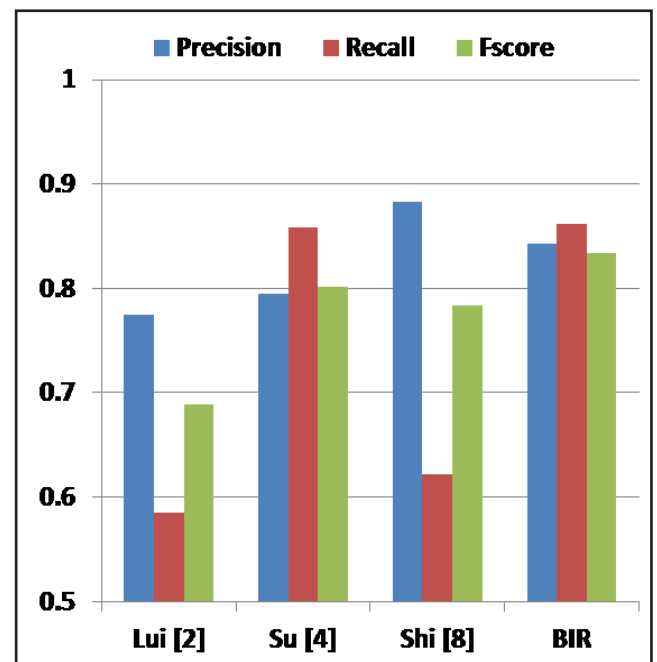
$$F_{score} = \frac{(1 + \beta^2) \times Precision \times Recall}{\beta^2 \times Precision + Recall} \quad (6)$$

โดยที่ ค่า β^2 ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.3 ตามคำแนะนำจากงานวิจัยของ Achanta และคณะ [16] และในส่วนของค่า Precision และ Recall สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 7 และ 8 ตามลำดับ

$$Precision = \frac{R \cap R_g}{R} \quad (7)$$

$$Recall = \frac{R \cap R_g}{R_g} \quad (8)$$

โดยที่ R คือ ภาพขาวดำที่ได้จากการแบ่งส่วนภาพด้วยวิธีการจากงานวิจัย และ R_g คือ ภาพขาวดำ Ground Truth ทั้งนี้ค่า Precision Recall และ F_{score} ล้วนเป็นค่าเชิงปริมาณที่ใช้วัดความถูกต้องของผลการแบ่งส่วนภาพทั้งหมด โดยค่า Precision จะพิจารณาว่า มีบริเวณที่แท้จริงแล้วไม่เบล แต่ถูกตีความว่าเป็นบริเวณที่เบลมากเกินไปเพียงใด สำหรับค่า Recall จะพิจารณาว่า บริเวณที่แท้จริงเบล แต่ถูกตีความว่าเป็นบริเวณที่ไม่เบลมากเกินไปเพียงใด และค่า F_{score} เป็นค่าเฉลี่ยแบบฮาร์โมนิก (Harmonic Mean) ของ Precision และ Recall โดยค่า Precision Recall และ F_{score} จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1 ซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีที่ บริเวณที่เบลที่ตรวจพบทั้งหมดในภาพ เป็นบริเวณเดียวกันกับบริเวณที่เบลทั้งหมดของภาพ Ground Truth นั่นเอง โดยผลการทดลองจากการวัดค่าเชิงปริมาณแสดงในภาพที่ 4 และ ตารางที่ 1



ภาพที่ 4 ค่าเฉลี่ยของ Precision Recall และ F_{score} ที่ได้จากวิธีการของ Lui Su Shi และวิธี BIR ที่นำเสนอตามลำดับ

ภาพที่ 4 เป็นกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของค่า Precision Recall และ F_{score} ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธี BIR ที่นำเสนอ ให้ค่า F_{score} เฉลี่ยมากที่สุด เมื่อเทียบกับวิธีการจากงานวิจัยของ Lui Su และ Shi

ถ้าพิจารณาค่า Precision และ Recall แล้ว วิธีการของ Lui และ Shi ให้ค่า Precision ที่สูงกว่าค่า Recall อย่างเห็น

ได้ชัดเจน ซึ่งการที่ค่า *Recall* มีค่าต่ำจะสื่อถึงผลการแบ่งส่วนภาพของวิธีการทั้งสองว่า ส่วนใหญ่แล้วบริเวณที่เบลจะถูกตีความว่าเป็นบริเวณที่ไม่เบล ซึ่งถือว่าเป็นผลการแบ่งส่วนภาพที่ไม่ถูกต้อง โดยสังเกตได้จากพื้นหลังจะมีโทนสีดำใกล้เคียงกับตัววัตถุ ดังตัวอย่างภาพ *Blur Map* ที่ได้จากการวิธีการของ Lui และ Shi ที่แสดงในแถวที่ 1 และ 8 ของภาพที่ 5 เป็นต้น

ในขณะที่วิธีการของ Su ให้ค่า *Precision* ที่น้อยกว่าค่า *Recall* อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งการที่ค่า มีค่าน้อย แสดงให้เห็นว่าผลการแบ่งส่วนภาพที่ได้ส่วนใหญ่นั้น บริเวณที่ไม่เบลจะถูกจำแนกให้เป็นบริเวณที่เบล โดยสังเกตได้จากวัตถุจะมีโทนสีอ่อนใกล้เคียงกับพื้นหลัง ดังตัวอย่างภาพ *Blur Map* ที่ได้จากการวิธีการของ Su ที่แสดงในแถวที่ 2 และ 3 ของภาพที่ 5 เป็นต้น

สำหรับวิธี BIR พบว่าค่า *Precision* และ *Recall* มีค่าใกล้เคียงกันมาก และยังมีค่าสูงกว่าวิธีการของ Lui Su และ Shi ซึ่งแสดงให้เห็นว่า วิธี BIR สามารถแยกแยะบริเวณที่เบลว่าเป็นส่วนที่เบล และบริเวณที่ไม่เบลว่าเป็นส่วนที่ไม่เบลได้อย่างถูกต้องมากกว่า โดยสังเกตได้จากภาพ *Blur Map* ที่ได้จากการวิธี BIR ตัววัตถุจะมีสีดำ ซึ่งความแตกต่างจากพื้นหลังที่มีสีอ่อนอย่างชัดเจน ดังตัวอย่างแสดงในแถวที่ 3 และ 4 ของภาพที่ 5 เป็นต้น

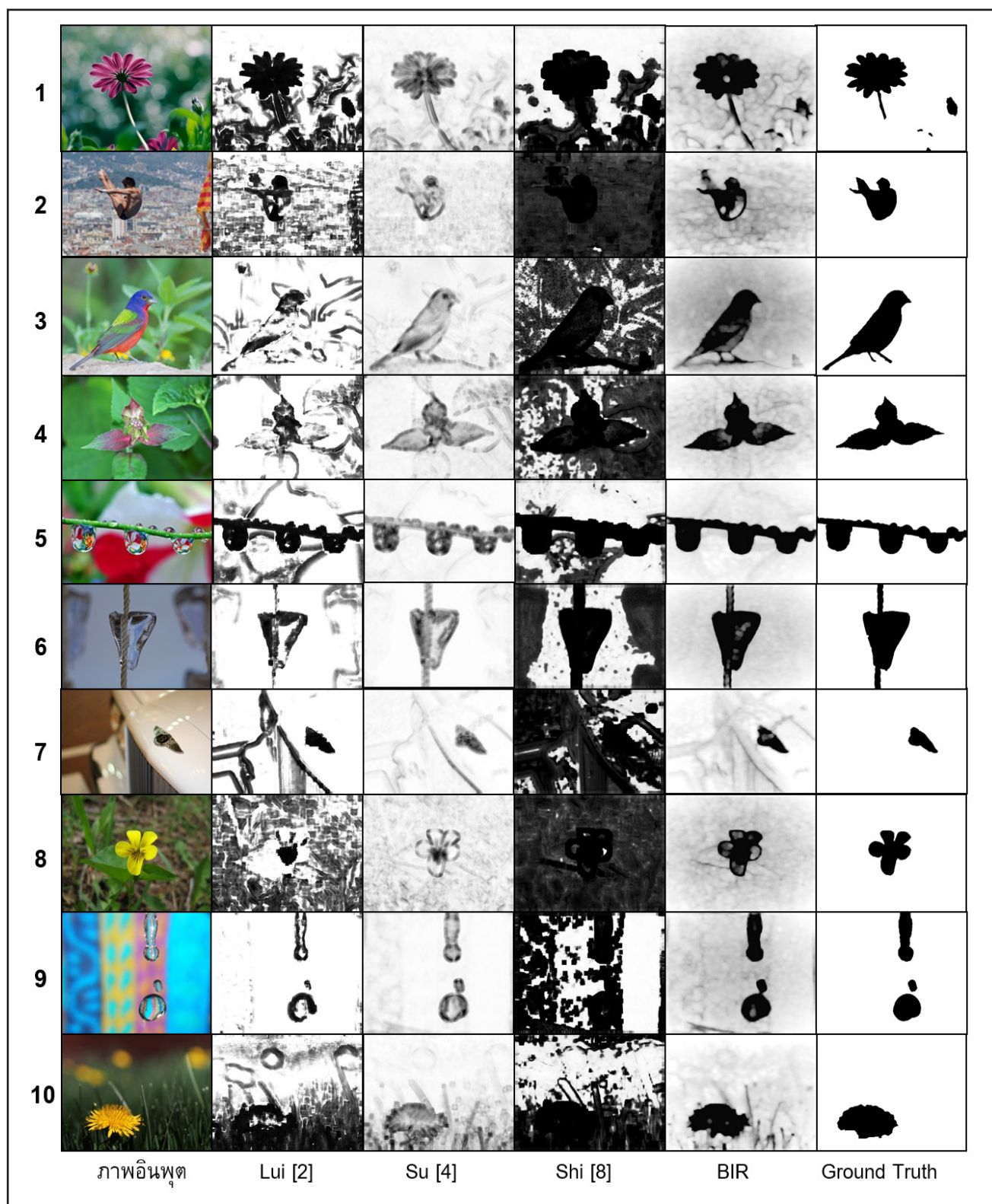
ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่าความถูกต้อง F_{score} ของการแบ่งส่วนบริเวณที่เบลและไม่เบลในภาพ

F_{score}	Lui [2]	Su [4]	Shi [8]	BIR
เฉลี่ย	0.6890	0.8010	0.7839	0.8339
สูงสุด	0.9916	0.9978	0.9742	0.9990
ต่ำสุด	0.0089	0.2691	0.0495	0.2217
S.D.	0.2093	0.1474	0.1368	0.1341

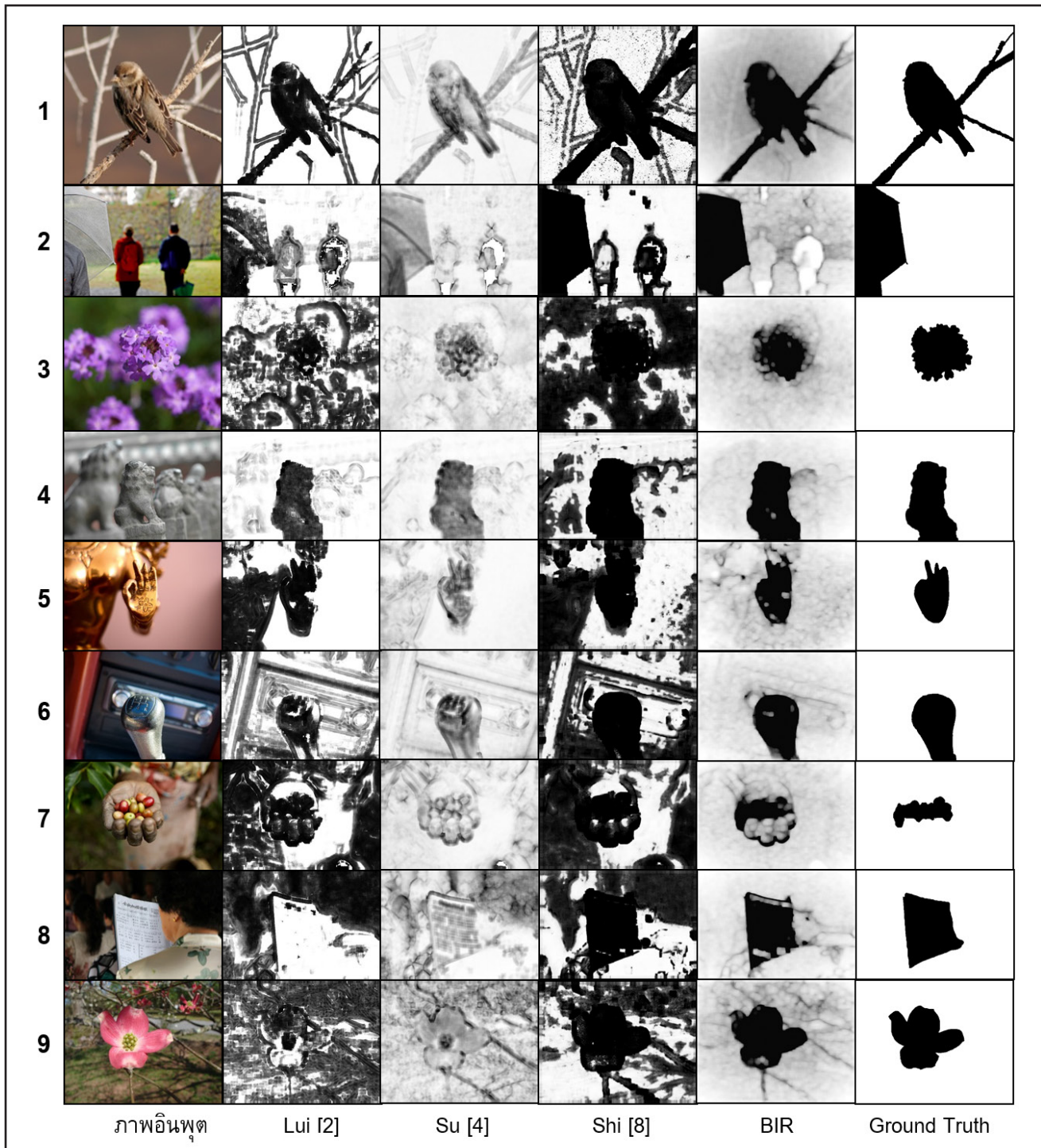
จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าผลการแบ่งส่วนภาพทั้ง 704 ภาพที่ได้จากการวิธี BIR ให้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยในภาพรวมสูงที่สุด ให้ค่าความถูกต้อง F_{score} เฉลี่ย ที่มากกว่าวิธีการจากงานวิจัยของ Lui Su และ Shi โดยมีค่าความถูกต้องเฉลี่ย

เท่ากับ 0.8339 นอกจากนี้ ยังให้ค่าความถูกต้องสูงสุดเท่ากับ 0.9990 และค่าความถูกต้องต่ำสุดเท่ากับ 0.2217 ซึ่งน้อยกว่าวิธีการของ Su เพียงเล็กน้อยเท่านั้น อย่างไรก็ตามวิธี BIR มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.1341 ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าค่า F_{score} ที่ได้จากการวิธี BIR มีการกระจายตัวน้อยกว่าทั้ง 3 วิธีการ นั้นเอง

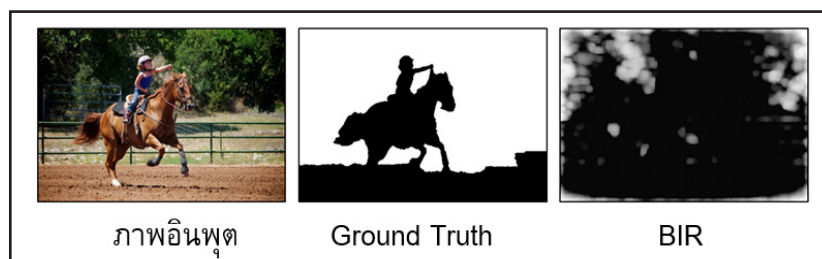
ภาพที่ 5 เป็นตัวอย่างผลการทดลองจำนวน 10 ภาพที่ได้จากการทดลองกับภาพอินพุตที่วัตถุมีลักษณะโดดเด่นอยู่ท่ามกลางพื้นหลังที่มีความเบลอย่างมาก โดยจะเห็นได้ว่าวิธี BIR สามารถสร้างภาพ *Blur Map* ที่มีความแตกต่างระหว่างบริเวณที่เบลและบริเวณที่ไม่เบลได้อย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น ภาพดอกไม้สีชมพูที่แสดงในแถวที่ 1 โดยจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า วิธีการของ Lui และ Shi ยังคงมีพื้นหลังที่เป็นไปไม่ที่เบลติดมาด้วย และสำหรับวิธีการของ Su ตัววัตถุที่ได้ยังมีความโดดเด่นไม่มากเมื่อเทียบกับวิธี BIR จึงทำให้ภาพ *Blur Map* ที่ได้มีความใกล้เคียงกับภาพ *Ground Truth* เป็นอย่างมาก สำหรับภาพนกกระโตน้ำที่แสดงในแถวที่ 2 จะเห็นได้ว่า วิธีการของ Lui ได้ให้บริเวณที่เป็นพื้นหลังติดปะปนออกมาด้วย ในขณะที่วิธีการของ Su และ Shi ตัวนกกระโตน้ำไม่มีความโดดเด่นออกมาจากพื้นหลัง แต่สำหรับวิธี BIR สามารถแยกแยะส่วนที่เป็นนกกระโตน้ำออกมาจากพื้นหลังได้ ในกรณีของภาพนกในแถวที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าบริเวณบางส่วนของปีกนกมีสีที่ใกล้เคียงกับไปไม้ที่เป็นพื้นหลังที่เบล และเช่นเดียวกันกับภาพยอดไปไม้ในแถวที่ 4 ส่วนปลายของไปไม้มีสีเดียวกันกับไปไม้ที่เป็นพื้นหลังที่เบล ซึ่งวิธี BIR ยังสามารถแบ่งส่วนบริเวณที่เบลออกจากบริเวณที่ไม่เบลได้อย่างชัดเจน ถึงแม้ว่าตัววัตถุกับพื้นหลังมีสีที่ใกล้เคียงกันก็ตาม และจากภาพในแถวที่ 5 ถึง 10 จะเห็นได้ว่าวิธี BIR สามารถแบ่งส่วนวัตถุที่ไม่เบลออกจากบริเวณพื้นหลังที่เบลได้อย่างชัดเจนและมีความคล้ายคลึงกับภาพ *Ground Truth* มากกว่าวิธีการจากงานวิจัยที่นำมาเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธีการ โดยในแต่ละภาพนั้น จะมีบริเวณที่ไม่เบล ดังนี้ แถวที่ 5 หยดน้ำบนกิ่งไม้ แถวที่ 6 ก้อนน้ำแข็ง แถวที่ 7 โลโก้รถยนต์ แถวที่ 8 ดอกไม้สีเหลือง 5 กลีบ แถวที่ 9 หยดน้ำ และแถวที่ 10 ดอกไม้สีเหลือง



ภาพที่ 5 ตัวอย่างผลการทดลองกับภาพอินพุตกรณีวัตถุที่มีลักษณะโดดเด่นอยู่ท่ามกลางพื้นหลังที่มีความเบลอมาก



ภาพที่ 6 ตัวอย่างผลการทดลองกับภาพอินพุต กรณีวัตถุอยู่ท่ามกลางพื้นหลังที่มีความซับซ้อน



ภาพที่ 7 ตัวอย่างผลการทดลอง กรณีที่พื้นหลังมีความเบลอเพียงเล็กน้อย

ภาพที่ 6 เป็นตัวอย่างผลการทดลองจำนวน 9 ภาพ ที่ได้จากการทดลองกับภาพอินพุตที่วัตถุอยู่ตามกลางพื้นหลังที่มีความซับซ้อนมากขึ้นเมื่อเทียบกับภาพอินพุตในภาพที่ 5 โดยในแถวที่ 1 เป็นภาพนกเกาะกิ่งไม้ ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ภาพ Blur Map ที่ได้จากการวิธีการของ Lui Su และ Shi ยังคงมีพื้นหลังที่เป็นกิ่งไม้ที่เบลอติดมาด้วย แต่ในภาพ Blur Map ที่ได้จากการวิธี BIR นั้น ตัวนกจะมีความโดดเด่นออกมาจากพื้นหลังที่เบลออย่างชัดเจน จึงทำให้ผลการแบ่งส่วนภาพที่ได้มีความใกล้เคียงกับภาพ Ground Truth เป็นอย่างมาก ในภาพคนถือร่มที่แสดงในแถวที่ 2 จะสังเกตเห็นได้ว่า ตัวร่มเป็นบริเวณที่มีความคมชัด ส่วนคนสองคนที่ยืนหันหลังนั้น เป็นบริเวณที่เบลอในภาพ วิธี BIR สามารถตรวจหาบริเวณที่เบลอออกมาได้อย่างชัดเจน ในภาพดอกไม้สีม่วงที่แสดงในแถวที่ 3 โดยในภาพนี้มีดอกไม้หลายดอก แต่มีเพียงดอกไม้ที่อยู่ตรงกลางดอกเดียวเท่านั้นที่ไม่เบลอ ส่วนดอกไม้ที่เหลือจะเบลอ โดยภาพ Blur Map ที่ได้จากการวิธีการของ Lui และ Shi จะไม่สามารถดึงเฉพาะดอกไม้ที่อยู่ตรงกลางให้มีความโดดเด่นออกมาได้ ยังคงมีบริเวณที่เบลอปะปนออกมา ส่วนวิธีการ Su นั้น ตัวดอกไม้ที่อยู่ตรงกลางยังมีความโดดเด่นที่ไม่มากนักเมื่อเทียบกับพื้นหลัง ในขณะที่วิธี BIR มีความสามารถในการดึงดอกไม้ที่อยู่ตรงกลางให้โดดเด่นออกมาได้อย่างชัดเจน

จากภาพที่ 6 ในแถวที่ 4 ถึง 9 จะเห็นได้ว่าวิธี BIR สามารถแบ่งส่วนวัตถุที่ไม่เบลอออกจากบริเวณพื้นหลังที่เบลอได้อย่างชัดเจน และมีความคล้ายคลึงกับภาพ Ground Truth ถึงแม้ว่าในแต่ละภาพจะมีพื้นหลังที่ซับซ้อน โดยในแต่ละภาพนั้น จะมีบริเวณที่ไม่เบลอ ดังนี้ แถวที่ 4 รูปปั้นสิงโต แถวที่ 5 มือพระพุทธรูป แถวที่ 6 ด้ามจับเกียร์รถยนต์ แถวที่ 7 เมล็ดกาแฟ แถวที่ 8 หนังสือสีขาว และแถวที่ 9 ดอกไม้สีชมพู

อย่างไรก็ตาม วิธี BIR ยังคงมีข้อจำกัด ในกรณีบริเวณที่เบลอของภาพอินพุตมีระดับความเบลอเพียงเล็กน้อย วิธี BIR จะตีความว่าบริเวณที่เบลอเพียงเล็กน้อยนั้น เป็นบริเวณที่ไม่เบลอ ส่งผลให้ภาพ Blur Map ที่ได้มีลักษณะเป็นโทนสีดำเกือบทั้งภาพ จึงไม่สามารถตรวจพบบริเวณที่เบลอในภาพได้อย่างถูกต้อง ดังตัวอย่างแสดงในภาพที่ 7

5. สรุป

วิธี BIR ที่นำเสนอในบทความวิจัยนี้ ออกแบบมาเพื่อใช้ในการตรวจหาบริเวณที่เบลอในภาพ โดยใช้เทคนิคการชักตัวอย่างภาพแบบทำซ้ำสองทิศทางในการสร้างภาพ Blur Map ซึ่งสามารถดึงวัตถุที่ไม่เบลอให้มีความโดดเด่นออกมาจากพื้นหลังที่เบลอและมีความซับซ้อนได้ ซึ่งส่งผลให้สามารถแบ่งส่วนวัตถุได้อย่างถูกต้องทั้งในเชิงคุณภาพของภาพ Blur Map ที่มองเห็น และเชิงปริมาณที่วัดด้วยค่า Precision Recall และ F_{score} อย่างไรก็ตามวิธีนี้ยังคงมีข้อจำกัดในกรณีที่ภาพมีระดับความเบลอเพียงเล็กน้อย ดังนั้นค่าระดับความเบลอของภาพอินพุตน่าจะนำมาพิจารณาเป็นคุณลักษณะเพิ่มเติมในการพัฒนาวิธีการตรวจหาบริเวณที่เบลอในภาพได้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Shi, L. Xu, and J. Jia. *Blur detection dataset*. Available Online at <http://www.cse.cuhk.edu.hk/leojia/projects/dblurdetect/dataset.html>, accessed on 3 March 2018.
- [2] R. Liu, Z. Li, and J. Jia. "Image partial blur detection and classification." *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 1-8, 2008.
- [3] A. Chakrabarti, T. Zickler, and W. T. Freeman. "Analyzing spatially-varying blur." *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 2512-2519, 2010.
- [4] B. Su, S. Lu, and C. L. Tan. "Blurred image region detection and classification." *ACM International Conference on Multimedia*, pp. 1397-1400, 2011.
- [5] X. Zhu, S. Cohen, S. Schiller, and P. Milanfar. "Estimating spatially varying defocus blur from a single image." *IEEE Transactions on Image Processing (TIP)*, Vol. 22, No. 12, pp. 4879-4891, 2013.
- [6] K. Bahrami, A.C. Kot, and J. Fan. "A novel approach for partial blur detection and segmentation." *IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*, San Jose, CA, pp. 1-6, 2013.

- [7] H. Lee, and C. Kim. "Blurred image region detection and segmentation." *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 4427-4431, 2014.
- [8] J. Shi, L. Xu, and J. Jia. "Discriminative blur detection features." *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2014.
- [9] V. Tuba, and M. Beko. "DCT based algorithm for blurred regions determination in digital images." *The 23rd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR)*, Belgrade, pp. 815-818, 2015.
- [10] X. Yi, and M. Eramian. "LBP-based Segmentation of Defocus Blur." *IEEE Transactions on Image Processing (TIP)*, Vol. 25, No. 4, pp. 1626-1638, April 2016.
- [11] K. Pengsen, and Y. Zhenming. "Image blurred region detection based on RGB color space information and local standard deviation." *IEEE 2nd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, Chongqing, pp. 2177-2181, 2017.
- [12] K. Ma, H. Fu, T. Liu, Z. Wang, and D. Tao. "Deep blur mapping: exploiting high-level semantics by deep neural networks." *IEEE Transactions on Image Processing (TIP)*, Vol. 27, No. 10, pp. 5155-5166, October 2018.
- [13] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, and S.L. Eddins. *Digital image processing using MATLAB*, McGraw-Hill Education., Second Edition, Chapter 6, pp. 282, 2011.
- [14] R.C. Gonzalez, and R.E. Woods. *Digital image processing*, Prentice Hall, Third Edition, Chapter 3, pp. 175, 2010.
- [15] N. Otsu. "A threshold selection method from gray-level histogram." *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 9, No. 1, pp. 62-66, 1979.
- [16] R. Achanta, S. Hemami, F. Estrada and S. Susstrunk, "Frequency-tuned salient region detection." *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Miami, FL, pp. 1597-1604, 2009.

